生长期秦川牛能量代谢规律与需要量研究

陈　艳[1]　王之盛[1*]　张晓明[1]　王　江[1]　邹华国[1]　蒋兴德[2]　吴　丹[2]

(1.四川农业大学动物营养研究所，雅安 625014；2.重庆恒都农业集团有限公司，丰都 408200）

摘　要：本试验旨在研究生长期秦川牛能量代谢规律与需要量。选择 30 头体况良好、体重[（336.33±18.28） kg]相近的生长期秦川牛公牛，随机分为 5 组，每组 6 头牛，分别饲喂按我国《肉牛饲养标准》(NY/T 815-2004)提供的预期平均日增重 900 g/d 所需净能的 85.0%（Ⅰ组）、92.5%（Ⅱ组）、100.0%（Ⅲ组）、107.5%（Ⅳ组）、115.0%（Ⅴ组）配制的 5 种试验饲粮。采用饲养试验和消化代谢试验测定秦川牛生长性能及能量代谢指标，并建立消化能和代谢能需要量预测模型。预试期 10 d，正试期 42 d。结果表明，Ⅲ组秦川牛平均日增重为 880.15 g/d，较预期的结果略低；Ⅳ组平均日增重达到最大值（1 160.10 g/d），能量利用效率最高；总能消化率、总能代谢率和消化能代谢率平均值分别为(76.44±3.23)%、（66.75±3.16）%、（87.31±0.54）%；秦川牛的消化能和代谢能需要量的回归方程分别为：$DER=0.778W^{0.75}+37.05ADG$；$MER=0.668W^{0.75}+33.49ADG$[$DER$ 为消化能需要量(MJ/d),MER 为代谢能需要量(MJ/d),$W^{0.75}$ 为单位代谢体重（kg）,ADG 为平均日增重（kg/d）]。综合得出，生长期秦川牛的维持消化能和代谢能需要量分别为 0.778、0.668 MJ/(kg W$^{0.75}$)，每千克增重的消化能和代谢能需要量分别为 37.05、33.49 MJ。

关键词：秦川牛；消化能；代谢能；需要量

中图分类号：S823

秦川牛原产于陕西渭河流域的关中平原地区，属于我国著名的地方良种之一，现已成为国家级资源保护品种，属于役肉兼用品种，中大体型，肉质细嫩、大理石纹明显[1]，27~28 月龄的秦川阉牛平均屠宰率和净肉率分别为 64.32%和 54.54%，肉骨比 6.74，具有很好的经济效益[2]。营养需要是提高肉牛规模化生产效益的基础，随着近代科学技术和营养研究方法

收稿日期:2015-11-17

基金项目：农业部公益性行业专项饲料营养价值与畜禽饲养标准研究与应用(20090300608)

作者简介：陈　艳（1987—），女，陕西略阳人，硕士研究生，从事反刍动物营养与饲料科学研究。E-mail: 317190461@qq.com

*通信作者:王之盛，教授，博士生导师，E-mail: wangzs67@163.com

的发展，反刍动物的营养物质代谢规律及其需要量的研究已进入较深的研究领域，国内外许多动物营养专家一直不断地研究肉牛的饲养标准或营养需要[3-7]，并制定出符合各国国情的饲养标准，如美国国家科委（NRC）、英国农业研究委员会（ARC）。我国于 1985 年制定出首个《肉牛饲养标准草案》，并在 2000 年进行了修订，2004 年农业部出台了我国农业行业标准：《肉牛饲养标准》（NY/T 815-2004），对于我国的肉牛养殖具有指导作用。我国地域辽阔，地方肉牛品种和培育品种众多，且各地的气候、饲养环境差异大，肉牛的营养需要有很大差异，因此，有必要研究不同地区、不同气候条件及不同品种肉牛的营养需要。能量是饲料的重要组成部分，它起着决定动物采食量的重要作用，动物的营养需要或营养供给均以能量为基础，其他营养成分的摄入均受其影响，所以确定动物能量需要量尤为重要。近年来，利木赞×鲁西黄牛杂交牛[8]、锦江黄牛[9]、湘中黑牛[10]的能量代谢规律和需要量已有了一些研究，但到目前为止，有关秦川牛营养需要量的报道较为鲜见，因此，研究秦川牛的能量代谢规律与需要量对秦川牛养殖具有重要意义。本试验对秦川牛能量代谢规律与需要量进行研究，确定具有针对性、精准的生长秦川牛的能量需要量数据，为优化其饲粮配制，发挥更大的生产性能提供参考。

1 材料与方法

1.1 试验动物

试验在重庆恒都农业集团有限公司肉牛养殖基地进行。选取体况良好、体重[（336.33±18.28） kg]相近的 10 月龄生长期秦川牛公牛 30 头。

1.2 试验设计与试验饲粮

采用完全随机试验设计，将 30 头秦川牛公牛随机分为 5 组，每组 6 个重复，每个重复 1 头牛。参考我国《肉牛饲养标准》（NY/T815-2004）[2]中体重为 300 kg 肉牛的营养需要设计饲粮，5 组分别饲喂按照预期平均日增重 900 g/d 所需净能的 85.0%（Ⅰ组）、92.5%（Ⅱ组）、100.0%（Ⅲ组）、107.5%（Ⅳ组）和 115.0%（Ⅴ组）配制的 5 种不同能量水平的试验饲粮，其组成及营养水平见表 1。饲粮由精料和粗料组成，精粗比为 40:60。预试期 10 d，正试期 42 d。正试期的最后 4 d 进行消化代谢试验。

表 1 试验饲粮组成及营养水平（干物质基础）

Table 1 Composition and nutrient levels of basal diets (DM basis) %

项目 Items	组别 Groups

	I	II	III	Ⅳ	V
原料 Ingredients					
玉米 Corn	10.11	19.43	22.52	24.00	24.1
豆粕 Soybean meal	4.02	4.52	4.14	3.53	3.11
小麦麸 Wheat bran	7.00	1.45	1.40	1.40	1.40
米糠 Rice bran	6.00	3.00	2.50	2.00	2.00
菜籽粕 Rapeseed meal	4.50	3.95	3.00	1.70	1.55
玉米干酒糟及其可溶物 Corn DDGS	5.00	4.09	2.00	2.00	2.00
稻草 Straw	44.00	39.00	34.00	30.00	25.00
白酒糟 Distilled grain	1.00	6.00	11.00	15.00	20.00
玉米秸秆 Maize straw	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00
磷酸氢钙 $CaHPO_4$	0.07	0.37	0.45	0.44	0.34
碳酸钙 $CaCO_3$	0.82	0.64	0.64	0.69	0.76
小苏打 $NaHCO_3$	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
食盐 NaCl	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
尿素 Urea	0.09	0.14	0.26	0.31	0.15
赖氨酸盐酸盐 Lys • HCl	0.14	0.15	0.18	0.21	0.21
蛋氨酸 *DL*-Met	0.15	0.16	0.16	0.16	0.16
菜籽油 Colza oil	0.00	0.00	0.65	1.46	2.12
氯化胆碱 Choline chloride	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
预混料 Premix[1)]	1.00	1.00	1.0	1.00	1.00
合计 Total	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
营养水平 Nutrient Levels[2)]					
总能 GE（MJ/kg）	15.87	15.92	16.10	16.44	16.03
综合净能 NE_{mf}（MJ/kg）	4.49	4.88	5.28	5.68	6.07
干物质 DM	96.45	94.56	95.61	96.38	94.88
粗蛋白质 CP	10.87	10.87	10.87	10.87	10.87
中性洗涤纤维 NDF	53.27	49.16	46.75	45.5	44.63
酸性洗涤纤维 ADF	34.37	31.38	30.40	29.25	28.44
钙 Ca	0.44	0.44	0.44	0.44	0.44
磷 P	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24
赖氨酸 Lys	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46
蛋氨酸 *DL*-Met	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29

[1)]预混料为每千克饲粮提供 The premix provided the following per kg of diets：VA 2 200 IU，VD 275 IU，VE 15 IU，Cu (as copper sulfate) 10 mg，Zn (as zinc sulfate) 30 mg，Fe (as ferrous sulfate) 50 mg，Mn (as manganese sulfate) 20 mg，Se (as sodium selenite) 0.10 mg,I (as potassium iodide) 0.50 mg。

[2)]总能、干物质、中性洗涤纤维、酸性洗涤纤维、钙和磷为实测值，其他营养水平根据我国《肉牛饲养标准》（NY/T815-2004）中方法计算而来。GE, DM, NDF, ADF, Ca and P were measured values, while the others were calculated according to *China Feeding Standard of Beef Cattle* （NY/T 815-2004）.

1.3 饲养试验

试验地试验期平均气温为 18.5 ℃，平均相对湿度为 64.3%。试验牛全部采用单栏拴系式方式饲养，每天喂料 2 次（07:00 和 16:00），自由采食和饮水，准确记录每头牛的投料量和余料量，用于计算试验牛的实际采食量，其他饲养管理工作按原厂程序进行。正试验开始前连续 2 d 在 07:00 对试验牛进行空腹称重，平均值作为初始体重；整个试验结束后连续 2 d 在 07:00 对试验牛进行空腹称重，取平均值作为终末体重；依据 2 次称重结果平均值结合饲养天数计算平均日增重。

1.4 消化代谢试验

饲养试验结束后进行，选取每组接近平均体重的 4 头牛，其他试验条件与饲养试验一致，全收粪、尿 4 d。

每头牛每天 24 h 的粪样全部收集，每天收集的每组牛全部粪便称重并作好记录，每天收集的每头牛粪样充分混合后分成2部分取样：1份在65 ℃烘干，用于常规养分含量测定；1 份用 10%的硫酸固氮（每 100 g 粪样加 20 mL 硫酸），65 ℃烘干，制成风干样，粉碎后过 40 目筛，以备氮分析。

每天 24 h 的尿样全部收集，用量筒准确记录。用 6~8 层纱布过滤后，量取每头牛每天取尿样的 10%，置于干净塑料瓶中，加入 10%的硫酸（每 100 mL 尿液加入 10 mL 硫酸），密封（塑料薄膜盖住瓶口，再盖盖子），置于-20 ℃保存，备测。

1.5 测定指标及方法

干物质、粗蛋白质、中性洗涤纤维、酸性洗涤纤维、钙和磷含量参照《饲料分析及饲料质量检测技术》[11]的方法进行测定，饲粮、粪样和尿样的能量采用美国 Bomb calorimeter Parr1281 氧弹式热量计进行测定。

1.6 计算公式及模型建立方法

各指标计算公式如下：

平均日增重（g/d）=（终体重-初体重）/试验天数；

干物质采食量（kg/d）=饲粮样干物质含量×平均日采食量；

消化能采食量(MJ/d)＝总能采食量－粪能排泄量；

代谢能采食量(MJ/ d)＝总能采食量－粪能排泄量-尿能排泄量-甲烷能排泄量；

总能消化率(%)＝100×(总能采食量－粪能排泄量)/总能采食量；

总能代谢率(%)＝100×(总能采食量－粪能排泄量-尿能排泄量-甲烷能排泄量)/总能采食量；

消化能代谢率(%)＝100×代谢能采食量/（总能采食量－粪能排泄量）；

K_m＝0.1875×（消化能采食量/总能采食量）+0.457 9；

维持净能(MJ/ d)＝消化能采食量×K_m；

K_f＝0.523×（消化能采食量/总能采食量）+0.005 89；

增重净能(MJ/d)＝消化能采食量×K_f；

K_{mf}＝K_m×K_f×1.5/（K_f +0.5×K_m）；

综合净能(MJ/d)＝消化能采食量×K_{mf}。

式中：甲烷能根据 Blaxter 等[12]的公式[甲烷能占总能的百分比（%）=6.05+0.02×能量消化率]计算;K_m 为消化能转化为维持净能效率；K_f 为消化能转化为增重净能效率；K_{mf} 为消化能转化为综合净能效率。

根据析因法原理，将秦川牛的能量需要量分为维持需要和增重需要 2 部分，分别建立其需要量的回归模型，消化能需要量和代谢能需要量模型如下：

$$ER=a\times W^{0.75}+b\times ADG$$ [13]。

式中：ER 为消化能或代谢能的需要量(MJ/d)；$W^{0.75}$ 为代谢体重(kg)；a 和 b 为回归系数，ADG 为平均日增重。

1.7 统计分析

试验数据采用 Excel 2010 进行初步处理，用 SPSS 17.0 软件进行统计分析，差异显著性检验采用单因素方差分析（one-way ANOVE）和 Duncan 氏法多重比较，结果以平均值±标准差表示，P<0.05 为差异显著，回归分析采用多元回归分析(multiple regression)法进行分析。

2 结果与分析

2.1 饲粮能量水平对秦川牛生长性能的影响

由表 2 可知，秦川牛的平均日增重随着饲粮能量水平的提高而增加，III组为 880.15 g/d，较预期的结果(900 g/d)略低，Ⅳ组平均日增重最大，但与Ⅴ组差异不显著（P>0.05），Ⅳ和Ⅴ组的料重比显著低于其他各组（P<0.05），但这 2 组之间差异不显著（P>0.05）。

表 2 饲粮能量水平对秦川牛生长性能的影响

Table 2 Effects of dietary energy level on growth performance of *Qingchuan* cattle

项目 Items	组别 Groups				
	I	II	III	IV	V
初体重 IBW/kg	335.00±20.00	335.00±17.00	337.51±22.00	337.51±18.00	335.83±18.00
末体重 FBW/kg	348.00±17.00^{c}	360.00±16.00^{bc}	373.03±23.00^{ab}	390.01±20.00^{a}	383.00±20.00^{ab}
平均日增重 ADG/g	309.03±106.00^{d}	642.12±135.00^{c}	880.15±65.00^{b}	1 160.10±59.00^{a}	1 142.01±106.00^{a}
平均日采食量 ADFI/kg	5.92±0.36^{c}	6.84±0.27^{b}	7.56±0.09^{a}	7.47±0.12^{a}	7.73±0.09^{a}
料重比 F/G	18.53±0.35^{a}	10.63±0.94^{b}	8.58±0.38^{c}	6.44±0.24^{d}	6.76±0.14^{d}

同行数据肩标不同小写字母表示差异显著(P<0.05)，无字母或者相同字母表示差异不显著（P>0.05），下表同。

In the same row, values with different small letter superscripts mean significant difference (P<0.05), while with the same or no letter superscripts mean no significant difference （P>0.05）. The same as below.

2.2 饲粮能量水平对秦川牛能量消化率与代谢率的影响

由表 3 可知，秦川牛能量（总能、消化能和代谢能）采食量随着饲粮能量水平的增加而增加，但III、Ⅳ和Ⅴ组差异不显著（P>0.05），这 3 组显著高于Ⅰ和Ⅱ组（P<0.05）,Ⅱ组显著高于Ⅰ组（P<0.05）。甲烷能排泄量、维持净能、增重净能、综合净能也表现出相同的变化趋势。消化能代谢率随着饲粮能量水平的增加而增加，Ⅴ组显著高其他各组（P<0.05）。随着饲粮能量水平的增加，总能消化率和总能代谢率表现为先增加后降低的规律，Ⅳ组达到最大，但Ⅳ组与III、Ⅴ组差异不显著（P>0.05），Ⅰ和Ⅱ组差异也不显著（P>0.05）。

表 3 饲粮能量水平对秦川牛能量消化率与代谢率的影响

Table 3 Effects of dietary energy level on energy digestibility and metabolic rate of *Qingchuan* cattle

项目 Items	组别 Groups				
	I	II	III	IV	V
总能采食量 GEI/（MJ/d）	97.44±5.93^{c}	115.15±4.52^{b}	127.28±1.44^{a}	127.53±1.96^{a}	130.44±1.45^{a}
消化能采食量 DEI/(MJ/d)	70.39±5.76^{c}	85.10±6.99^{b}	100.22±1.25^{a}	101.39±1.91^{a}	101.65±1.32^{a}
代谢能采食量 MEI/(MJ/d)	60.91±5.18^{c}	74.17±6.41^{b}	87.71±1.31^{a}	88.71±1.72^{a}	89.38±1.19^{a}
粪能排泄量 FEE/(MJ/d)	27.03±0.18^{ab}	30.05±3.16^{a}	27.05±2.53^{ab}	26.14±0.19^{b}	28.78±0.36^{ab}
尿能排泄量 UEE/(MJ/d)	1.56±0.73	1.42±0.28	1.64±0.27	1.71±0.69	1.18±0.28
甲烷能排泄量 CH_4-EE(MJ/d)	7.94±0.57^{c}	9.51±0.59^{b}	10.88±0.06^{a}	10.96±0.19^{a}	11.08±0.13^{a}
维持净能 Ne_m/(MJ/d)	41.64±3.61^{c}	50.61±4.71^{b}	60.49±1.13^{a}	61.34±1.21^{a}	61.21±0.83^{a}
增重净能 Ne_g/(MJ/d)	27.02±2.77^{c}	33.44±4.29^{b}	41.87±1.48^{a}	42.75±0.95^{a}	42.03±0.65^{a}
综合净能 NE_{mf}/(MJ/d)	35.28±3.31^{c}	43.21±4.67^{b}	52.68±1.34^{a}	53.57±1.11^{a}	53.12±0.76^{a}
总能消化率 GE digestibility/%	72.19±1.47^{b}	73.82±3.45^{b}	78.75±1.78^{a}	79.49±0.31^{a}	77.93±0.28^{a}
总能代谢率 GE metabolic rate/%	62.44±1.47^{b}	64.34±3.28^{b}	68.91±1.65^{a}	69.55±0.31^{a}	68.52±0.27^{a}
消化能代谢率 DE digestibility/%	86.49±0.27^{c}	87.14±0.36^{b}	87.51±0.12^{b}	87.49±0.05^{b}	87.92±0.03^{a}

2.3 秦川牛的消化能和代谢能需要量模型建立

根据饲养试验和消化代谢试验结果，分别将消化能采食量、代谢能采食量与单位代谢体重和平均日增重进行回归分析，得出秦川牛消化能和代谢能需要量的方程如下：

$$DER(\mathrm{MJ/d})=0.778W^{0.75}+37.05ADG(R^2=0.928，P<0.05)；$$

$$MER(\mathrm{MJ/d})= 0.668W^{0.75}+33.49ADG(R^2=0.925，P<0.05)。$$

式中：*DER* 为消化能需要量(MJ/d)；*MER* 为代谢能需要量(MJ/d)；$W^{0.75}$ 为单位代谢体重（kg）；*ADG* 为平均日增重（kg/d）。

由以上回归方程可知，秦川牛的消化能和代谢能需要量均与平均日增重呈高度正相关，相关系数均较高，分别为 0.928、0.925。消化能和代谢能维持需要分别为 0.778、0.668 MJ/(kg $W^{0.75}$·d)，消化能维持需要转化为代谢能维持需要的效率为 0.85；每千克增重的消化能和代谢能需要量分别为 37.05、33.49 MJ，消化能增重需要转化为代谢能增重需要的效率为 0.90。

3 讨 论

3.1 饲粮能量水平对秦川牛生长性能、能量消化率与代谢率的影响

本试验研究发现随着消化能和代谢能采食量的增加，试验牛的平均日增重逐渐增加，而料重比则显著下降，并且过高能量供给并不能显著提高秦川牛的生长性能，这与在刘道杨[10]在湘中黑牛上的研究结果一致。本研究中生长期秦川牛的总能消化率平均值为（76.44±3.23）%，总能代谢率平均值为（66.75±3.16）%，消化能代谢率平均值为（87.31±0.54）%。国内对肉牛能量利用率方面的研究较多，但动物品种、年龄、生理阶段不同，其能量利用效率也有差异。刘道扬等[10]报道，12~13 月龄湘中黑牛分别为 67.51%、58.05%、85.92%；马媚[14]报道，中国荷斯坦奶牛分别为 67.11%、57.48%、85.66%；穆阿丽等[15]报道，4~6 月龄利木赞×鲁西黄牛杂交生长牛分别为 66.60%、56.95%、85.51%，7~10 月龄利木赞×鲁西黄牛杂交生长牛分别为 64.12%、54.20%、84.53%；赵峰[16]报道，后备母水牛分别为 71.37%、59.23%、82.98%；邹彩霞[17]报道，14~15 月龄母水牛总能消化率和总能代谢率为 67.11%和 55.07%；边革等[18]报道，荷斯坦奶牛分别为 74.83%和 63.73%。本试验生长秦川牛的总能消化率略低于 Chizzotti 等[19]运用能量平衡试验得出的海福特阉牛 77.2%的结果，试验饲粮组成差异可能是造成不同品种牛能量消化率不同的原因之一。随着饲粮能量水平的提高，试验牛的干物质和能量（总能、消化能、代谢能）采食量增加，能量的消化

率和代谢率也增加[10,20-22]，与本试验结果一致。

3.2　秦川牛的消化能和代谢能需要量模型建立

本试验得到的生长期秦川牛消化能和代谢能维持需要分别为 0.778、0.668 MJ/(kg $W^{0.75}$·d)，每千克增重消化能、代谢能需要分别为 37.05、33.49 MJ。陈福音[23]报道，5 月龄育成期荷斯坦牛代谢能维持需要为 0.514 MJ/(kg $W^{0.75}$·d)，每千克增重代谢能需要为 21.12 MJ；王微[9]报道，6~7 月龄锦江黄牛消化能和代谢能维持需要分别为 1.278、0.627 MJ/(kg $W^{0.75}$·d)，每千克增重消化能和代谢能需要分别为 35.535、33.194 MJ；刘道杨[10]报道，12~13 月龄湘中黑牛消化能和代谢能维持需要分别为 0.648、0.506 MJ/(kg $W^{0.75}$·d)，每千克增重消化能和代谢能需要分别为 33.12、32.15 MJ；刘道杨等[24]报道，11~12 月龄夏南牛消化能和代谢能维持需要分别为 0.517、0.402 MJ/(kg $W^{0.75}$·d)，每千克增重消化能和代谢能需要分别为 40.17、36.02 MJ；崔秋佳[25]报道，90~120 kg 荷斯坦母牛消化能和代谢能维持需要分别为 0.659、0.514 MJ/(kg $W^{0.75}$·d)，每千克增重消化能和代谢能需要分别为 24.079、18.711 MJ，140~200 kg 荷斯坦母牛消化能和代谢能维持需要分别为 0.665、0.588 MJ/(kg $W^{0.75}$·d)，每千克增重消化能和代谢能需要分别为 36.051、32.042 MJ；穆阿丽[8]报道，4~6 月龄利木赞×鲁西黄牛杂交犊牛消化能和代谢能维持需要分别为 0.675、0.570 MJ/(kg $W^{0.75}$·d)，每千克增重消化能和代谢能需要分别为 25.7、22.4 MJ，7~10 月龄利木赞×鲁西黄牛杂交犊牛消化能和代谢能维持需要分别为 0.616、0.521 MJ/(kg $W^{0.75}$·d)，每千克增重消化能和代谢能需要分别为 33.81、28.58 MJ。综上所述，由于各研究牛的品种、生长阶段、饲养管理以及环境条件等不同，研究结果也不尽一致。

根据本研究结果，体重 300 kg 的秦川牛每千克增重的消化能和代谢能需要量分别为 93.13、81.64 MJ，其代谢能增重需要比同体质量和增重速度的苏联家畜饲养标准参考值(69 MJ/d)高，并且高于《日本饲养标准·肉用牛》[26]的肥育去势肉用牛和肉用育肥公牛(分别为 71.36、72.33 MJ/d)。综上所述，我国现有的饲养标准对于肉牛生产具有重要意义，但在应用时各地也要因地制宜，不可绝对套用其推荐量，应结合当地饲料资源，针对不同牛种、不同饲养条件的营养需要做出进一步研究。

4　结　论

① 随着饲粮能量水平的增加，生长期秦川牛料重比显著下降，能量水平为《肉牛饲养

标准》（NY/T815-2004）的 107.5%时，平均日增重最大，总能消化率和代谢率表现为先增加后降低的规律，过高能量供给并不能进一步显著提高秦川牛的生长性能。

② 生长期秦川牛的消化能和代谢能需要量方程分别为：DER(MJ/d)=0.778$W^{0.75}$+37.05ADG；MER(MJ/d)=0.668$W^{0.75}$+33.49ADG，消化能和代谢能维持需要分别为 0.778、0.668 MJ/(kg $W^{0.75}$·d)，每千克增重消化能和代谢能需要分别为 37.05、33.49 MJ。

参考文献：

[1] 朱贵明.秦川牛肉质性状的系统研究[D].硕士学位论文.杨凌:西北农林科技大学,2003.

[2] 中华人民共和国农业部.NY/T 815-2004 肉牛饲养标准[S].北京:中国农业出版社,2004.

[3] 冯仰廉,张志文.肉牛舍饲期消化代谢试验及营养需要的研究[J].北京农业大学学报,1982,8(4):97–109.

[4] 张玉枝,赵广永.舍内拴系饲养条件下肉牛肥育期能量需要量的研究[J].中国畜牧杂志,2002,38(3):17–18.

[5] BLAXTER K L.The energy metabolism of ruminants[M].London:Hutchinson Scientific and Technical,1962.

[6] WEBSTER A J.Prediction of the energy requirements for growth in beef cattle[J].World Review of Nutrition and Dietetics,1978,30:189–226.

[7] WILLIAMS C B,JENKINS T G.A dynamic model of metabolizable energy utilization in growing and mature cattle. Ⅰ.Metabolizable energy utilization for maintenance and support metabolism[J].Journal of Animal Science,2003,81(6):1371–1381.

[8] 穆阿丽.肉牛生长期能量和蛋白质代谢规律及其需要量的研究[D].硕士学位论文.泰安:山东农业大学,2006.

[9] 王微,王自蕊,瞿明仁,等.6～7 月龄锦江黄牛能量需要量及其代谢规律研究[J].饲料工业,2012,33(22):36–39.

[10] 刘道杨.湘中黑牛、夏南牛能量和蛋白质需要量研究[D].硕士学位论文.南昌：江西农业大学,2013.

[11] 张丽英.饲料分析及饲料质量检测技术[M].3 版.北京:中国农业大学出版社,2007.

[12] BLAXTER K L,CLAPPERTON J L.Prediction of the amount of methane produced by ruminants[J].British Journal of Nutrition,1965,19(1):511–522.

[13] 杨凤.动物营养学[M].2 版.北京:中国农业出版社,2001.

[14] 马娟.不同能量蛋白水平日粮对奶牛能量代谢及生产性能的影响[D].硕士学位论文.北京:中国农业大学,2005.

[15] 穆阿丽,杨在宾,吴乃科,等.7~10 月龄杂交肉牛能量需要量及其代谢规律的研究[J].山东农业大学学报:自然科学版,2008,38(4):519–523.

[16] 赵峰.后备母水牛能量需要及其代谢规律的研究[D].硕士学位论文.南宁:广西大学,2007.

[17] 邹彩霞.生长水牛能量代谢及其需要量研究[D].博士学位论文.杭州:浙江农业大学,2009.

[18] 边革,孙亚波,刘庆全,等.不同精粗比例 TMR 日粮对中产奶牛能量代谢的影响[J].草食家畜,2011(1):64–67.

[19] CHIZZOTTI M L,VALADARES FILHO S C,TEDESCHI L O,et al.Energy and protein requirements for growth and maintenance of F_1 Nellore × Red Angus bulls,steers,and heifers[J].Journal of Animal Science,2007,85(8):1971–1981.

[20] LAPIERRE H,TYRRELL H F,REYNOLDS C K,et al.Effects of growth hormone-releasing factor and feed intake on energy metabolism in growing beef steers:whole-body energy and nitrogen metabolism[J].Journal of Animal Science,1992,70(3):764–772.

[21] 佟瑛.精料补饲水平对藏系绵羊育肥效果及瘤胃内环境参数的影响[D].硕士学位论文.兰州:甘肃农业大学,2004.

[22] 黄洁,申跃宇,姜军,等.日粮营养水平对西杂育成母牛日粮消化能和粪能排出量的影响[J].中国草食动物,2011,31(3):18–21.

[23] 陈福音.育成奶牛能量和蛋白质代谢规律及其需要量研究[D].硕士学位论文.保定:河北农业大学,2012.

[24] 刘道杨,付戴波,瞿明仁,等.11~12 月龄夏南牛能量代谢规律与需要量[J].江西农业大学学报,2013,35(4):802–806.

[25] 崔秋佳.犊牛生长期(90~120 kg,140~200 kg)能量和蛋白质代谢规律及其需要量研究[D].硕士学位论文.保定:河北农业大学,2013.

[26] 曹兵海.日本饲养标准·肉用牛[M].北京:中国农业大学出版社,2009.

Energy Metabolism and Requirement of Growing *Qinchuan* Cattle

CHEN Yan[1] WANG Zhisheng[1*] ZHANG Xiaoming[1] WANG Jiang[1] ZOU Huawei[1] JIANG Xingde[2] WU Dan[2]

(1. *Animal Nutrition Institute of Sichuan Agricultural University, Ya'an* 625014, *China*; 2. *Chongqing Hengdu Agriculture Group Co., Ltd., Fengdu* 408200, *China*)

Abstract: This experiment was conducted to investigate the energy metabolism and requirement of growing *Qinchuan* cattle. Thirty healthy growing bulls of *Qinchuan* cattle with similar body weight [(336.33±18.28) kg] were selected and randomly divided into 5 groups with 6 heads in each group. Cattle were fed 5 diets with different levels of energy, which were formulated according to 85.0% （group Ⅰ）, 92.5% （group Ⅱ）, 100.0% （group Ⅲ）, 107.5% （group Ⅳ）, 115.0% （group Ⅴ） of net energy for the expected weight gain 900 g/d [*China Feeding Stantard of Beef Cattle*（NY/T815-2004）], respectively. Feeding test and digestion and metabolism test were carried out to measure the growth performance and energy metabolism indexes of growing *Qinchuan* cattle, and to build the models for predicting the digestive energy requirement and energy metabolism requirement. Pre-test period was 10 days and test period was 42 days. The results showed as follows: average daily gain of group Ⅲ (880.15 g/d) was lower than the expected result; the average daily gain (1 160.10 g/d) and energy utilization efficiency of group Ⅳ were maximum; the average values of gross energy digestibility, gross energy metabolic rate and digestive energy metabolic rate were （76.44±3.23）%, (66.75±3.16）% and (87.31±0.54)%, respectively; the digestive energy requirement and metabolizable energy requirement of growing *Qinchuan* cattle could be estimated by the following equations: DER=0.778$W^{0.75}$ + 37.05ADG; MER=0.668$W^{0.75}$+33.49ADG [DER represented digestive energy requirement (MJ/d), MER represented metabolizable energy requirement (MJ/d), $W^{0.75}$ represented metabolic body weight

*Corresponding author, professor, E-mail: wangzs67@163.com

（责任编辑 王智航）

(kg), and *ADG* represented average daily gain （kg/d）]. Overall, the digestive energy requirement and metabolizable energy requirement for maintenance of growing *Qinchuan* cattle are 0.778 and 0.668 MJ/(kg $W^{0.75}$), respectively. Digestible energy and metabolizable energy required for per kilogram of body weight gain are 37.05 and 33.49 MJ, respectively.

Key words: *Qinchuan* cattle; digestive energy; metabolizable energy; requirement